

# Reducing agent feed system for vehicle internal combustion engine nitrogen oxides catalytic converter comprises storage container for solid agent and gasifier

Publication number: DE10156714

Publication date: 2002-06-27

Inventor: ITOH KAZUHIRO (JP); DAIDO SHIGEKI (JP); OYAMA NAOHISA (JP)

Applicant: TOYOTA MOTOR CO LTD (JP); NIPPON SOKEN (JP)

Classification:

- international: **F01N3/08; F01N3/20; F01N3/24; F01N3/08; F01N3/20; F01N3/24;** (IPC1-7): F01N3/08

- European: F01N9/00; F01N3/20D

Application number: DE20011056714 20011119

Priority number(s): JP20000353057 20001120

Also published as:



JP2002155732 (A)

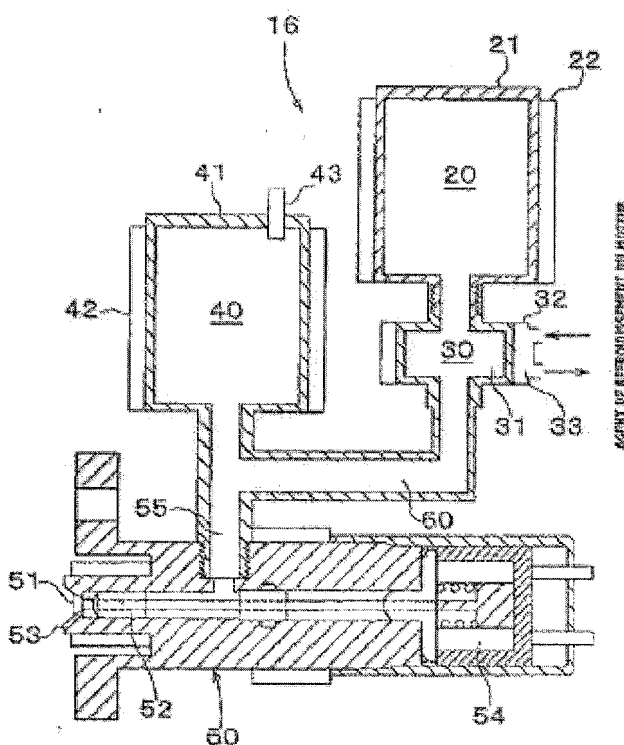
FR2816986 (A1)

Report a data error here

Abstract not available for DE10156714

Abstract of corresponding document: **FR2816986**

The system (16) for delivering a reducing agent to an NO<sub>x</sub> catalytic converter consists of a main storage container (20) for a solid reducing agent, a unit (30) for producing reduction gases for gasifying or liquefying the solid agent using heat from the engine cooling system, an auxiliary container (40) for temporary storage of the gasified or liquefied reducing agent, and a unit for calculating the required speed of delivery for the reducing agent to the NO<sub>x</sub> catalytic converter. The auxiliary storage container is fitted with a detector for the remaining quantity of fluid reducing agent, linked to the liquefying unit (30), and a pressure detector (43) linked to an alarm that is set off if the design pressure level is exceeded.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 101 56 714 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 01 N 3/08

②1 Aktenzeichen: 101 56 714.6  
②2 Anmeldetag: 19. 11. 2001  
④3 Offenlegungstag: 27. 6. 2002

DE 101 56 714 A 1

③0 Unionspriorität:  
00-353057 20. 11. 2000 JP  
  
⑦1 Anmelder:  
Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP; Nippon  
Soken, Inc., Nishio, Aichi, JP  
  
⑦4 Vertreter:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336  
München

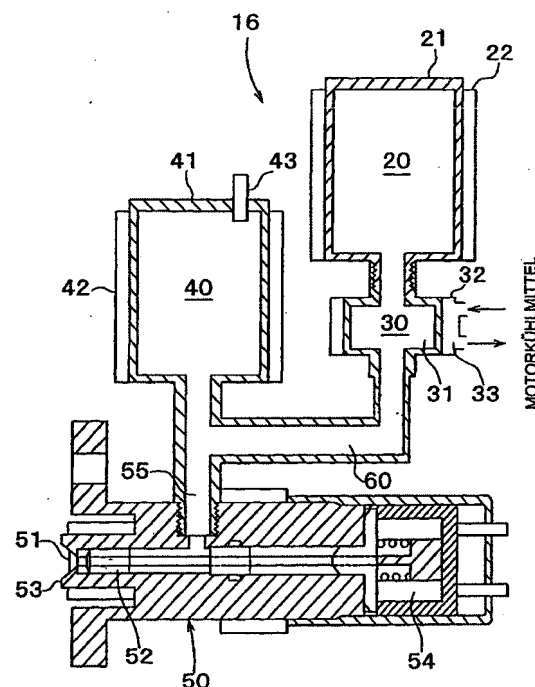
⑦2 Erfinder:  
Itoh, Kazuhiro, Toyota, Aichi, JP; Daido, Shigeki,  
Nishio, Aichi, JP; Oyama, Naohisa, Nishio, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung für Verbrennungsmotor

⑤7 Eine Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung (16), die einem in einem Abgassystem eines Verbrennungsmotors angeordneten NO<sub>x</sub>-Katalysator ein Reduktionsmittel zuführt, um vom Verbrennungsmotor erzeugte Stickoxide zu entfernen, umfasst eine Kombination aus einem Hauptspeicherbehälter (20) zum Speichern eines festen Reduktionsmittels, einem Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt (30), der so betätigt werden kann, dass er das in dem Hauptspeicherbehälter gespeicherte feste Reduktionsmittel gasifiziert, einem Nebenspeicherbehälter (40) zur vorübergehenden Speicherung des von dem Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt gasifizierten Reduktionsmittels, einer ECU, die so betrieben werden kann, dass sie auf der Grundlage eines Betriebszustands des Verbrennungsmotors eine Wunschgeschwindigkeit für die Zufuhr des Reduktionsmittels zum NO<sub>x</sub>-Katalysator berechnet, und einem Reduktionsmittel-Zufuhrventil (50), das so betrieben werden kann, dass es das Reduktionsmittel mit der berechneten Wunschgeschwindigkeit aus dem Nebenspeicherbehälter in einen Abschnitt des Abgassystems einleitet, der sich stromaufwärts vom NO<sub>x</sub>-Katalysator befindet.



DE 101 56 714 A 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung für einen Verbrennungsmotor und insbesondere auf eine Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung, die dazu ausgelegt ist, einem  $\text{NO}_x$ -Katalysator Reduktionsmittel zuzuführen, der zur Verringerung oder Entfernung von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) vorgesehen ist, die von einem Verbrennungsmotor erzeugt werden.

[0002] Die JP-A-5-272331 offenbart ein Beispiel für eine Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung, die einem  $\text{NO}_x$ -Katalysator in einem Abgassystem eines Verbrennungsmotors Reduktionsmittel zuführt, um (im Folgenden als " $\text{NO}_x$ " bezeichnete) Stickoxide zu verringern oder zu entfernen, die von dem Verbrennungsmotor erzeugt werden.

[0003] Die in der JP-A-5-272331 offenbarte Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung verwendet als Reduktionsmittel Harnstoff  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , mit dem sich  $\text{NO}_x$  bei verhältnismäßig geringer Temperatur mit verhältnismäßig hoher Geschwindigkeit reduzieren lässt, so dass bei Anwesenheit des Harnstoffs durch den  $\text{NO}_x$ -Katalysator die in dem Abgas enthaltene Menge  $\text{NO}_x$  verringert wird.

[0004] Genauer gesagt wird im Ansprechen auf den Empfang eines Reduktionsmittelzufuhrbefehls von einer (im Folgenden als "ECU" bezeichneten) elektronischen Steuerungseinheit, die zur Steuerung des Verbrennungsmotors vorgesehen ist, fester Harnstoff, der in einem Speicherbehälter untergebracht ist, unter Wärmeeinfluss in einem Ofen gasifiziert. Der gasifizierte Harnstoff wird in einen Abschnitt der Abgasleitung des Motors eingeleitet, der sich stromaufwärts von dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator befindet, so dass das Abgas vom  $\text{NO}_x$  gereinigt wird.

[0005] Ein in Pulver- oder Pelletform vorliegendes festes Reduktionsmittel hat auf das Gewicht bezogen ein kleineres Volumen als ein gasförmiges oder flüssiges Reduktionsmittel und lässt sich daher entsprechend leichter in einem Kraftfahrzeug einsetzen. Das feste Reduktionsmittel hat allerdings eine verhältnismäßig große Teilchen- oder Pelletgröße und kann dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator nicht ohne eine geeignete Umwandlungsbehandlung zugeführt werden. Deshalb muss das feste Reduktionsmittel wie erwähnt in dem Ofen erhitzt werden, damit es in den Gaszustand umgewandelt wird und das gasifizierte Reduktionsmittel dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator zugeführt wird.

[0006] Bei dieser bekannten Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung kommt es jedoch, gewisse Zeit nach dem Empfang des Reduktionsmittelzufuhrbefehls von der ECU, leicht zu einer verzögerten Zufuhr des gasifizierten Reduktionsmittels zu dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator.

[0007] So benötigt das Reduktionsmittel, das als Hauptbestandteil festen Harnstoff enthält, nicht nur verhältnismäßig viel Zeit für die Gasifizierung, sondern wird das Reduktionsmittel im Fall einer verspäteten Zufuhr zu dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator auch ohne Reaktion mit dem  $\text{NO}_x$  in die Luft ausgestoßen, was mit der Gefahr verbunden ist, dass ein unangenehmer Geruch entsteht. In Anbetracht dessen besteht der dringende Bedarf, eine Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung zu entwickeln, die gegenüber dem Reduktionsmittelzufuhrbefehl ein gutes Ansprechverhalten zeigt.

[0008] Abgesehen davon kann die erforderliche Zufuhrgeschwindigkeit für das Reduktionsmittel höher als die Geschwindigkeit sein, mit der das Reduktionsgas in dem Ofen erzeugt wird (Gasifizierungsgeschwindigkeit des festen Reduktionsmittels). In diesem Fall kann der  $\text{NO}_x$ -Katalysator nicht mit der erforderlichen Menge Reduktionsgas versorgt werden, so dass die Geschwindigkeit, mit der der  $\text{NO}_x$ -Katalysator  $\text{NO}_x$  verringert oder entfernt, ungewollt abnimmt, was die Gefahr mit sich bringt, dass sich die Abgasemission

verschlechtert.

[0009] Des Weiteren ist zu beachten, dass diese bekannte Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung so ausgelegt ist, dass das erzeugte Reduktionsgas direkt aus dem Ofen in die Abgasleitung eingespeist wird, was zu einer geringeren Druckstabilität des in die Abgasleitung einzuspeisenden Reduktionsgases führt, so dass dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator das Reduktionsmittel nicht mit der gewünschten Geschwindigkeit zugeführt werden kann.

[0010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung für einen Verbrennungsmotor zur Verfügung zu stellen, mit der sich ein Reduktionsmittel effizient mit der gewünschten Geschwindigkeit und mit einem guten Ansprechverhalten gegenüber dem Reduktionsmittelzufuhrbefehl zuführen lässt.

[0011] Diese Aufgabe lässt sich erfindungsgemäß mit einer Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung lösen, die einem in einem Abgassystem eines Verbrennungsmotors angeordneten  $\text{NO}_x$ -Katalysator ein Reduktionsmittel zuführen soll, um vom Verbrennungsmotor erzeugte Stickoxide zu entfernen, und die gekennzeichnet ist durch eine Hauptspeichereinrichtung zur Speicherung eines festen Reduktionsmittels, eine Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung zur derartigen Fluidisierung des in der Hauptspeichereinrichtung gespeicherten festen Reduktionsmittels, dass das fluidisierte Reduktionsmittel leicht aus der Fluidisierungseinrichtung strömen kann, eine Nebenspeichereinrichtung zur vorübergehenden Speicherung des von der Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung fluidisierten Reduktionsmittels, eine Zufuhrgeschwindigkeits-Berechnungseinrichtung zur Berechnung einer Wunschgeschwindigkeit für die Zufuhr des Reduktionsmittels zum  $\text{NO}_x$ -Katalysator auf der Grundlage eines Betriebszustands des Verbrennungsmotors und eine Reduktionsmittel-Zufuhreinrichtung zur Einleitung des Reduktionsmittels mit der von der Zufuhrgeschwindigkeits-Berechnungseinrichtung berechneten Wunschgeschwindigkeit aus der Nebenspeichereinrichtung in einen Abschnitt des Abgassystems, der sich stromaufwärts vom  $\text{NO}_x$ -Katalysator befindet.

[0012] Bei der Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung mit der obigen Kombination an Einrichtungen speichert die Nebenspeichereinrichtung das Reduktionsmittel, das von der Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung so verflüssigt wurde, dass es zum leichten Herausfließen aus der Fluidisierungseinrichtung ein hohes Maß an Fluidität oder Beweglichkeit hat, so dass das Reduktionsmittel durch die Reduktionsmittel-Zufuhreinrichtung mit einem guten Ansprechverhalten gegenüber einem Reduktionsmittelzufuhrbefehl in das Abgassystem eingeleitet werden kann. Da das fluidisierte Reduktionsmittel stets in der Nebenspeichereinrichtung gespeichert ist, lässt sich das Reduktionsmittel auch dann mit hoher Stabilität zuführen, wenn die erforderliche Zufuhrgeschwindigkeit des Reduktionsmittels verhältnismäßig hoch ist. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass die Fluidisierung des Reduktionsmittels die Verteilung des Reduktionsmittels innerhalb des Abgassystems erleichtern soll, wenn das Reduktionsmittel durch die Reduktionsmittel-Zufuhreinrichtung eingeleitet wird. Im Sinne der Erfindung bezieht sich der Begriff "Fluidisierung" insgesamt auf eine Gasifizierung, Verflüssigung, Gelatinierung und Pulverisierung und schließt sämtliche dieser Alternativen ein.

[0013] Die Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung ist vorzugsweise so ausgelegt, dass sie das feste Reduktionsmittel zu einem gasförmigen Reduktionsmittel mit einem hohen Maß an Fluidität gasifiziert. Das heißt, dass die Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung vorzugsweise so ausgelegt ist, dass das feste Reduktionsmittel in einen gasförmigen Zustand

gebracht wird, in dem sich das gasförmige Reduktionsmittel leicht innerhalb des Abgassystems verteilen lässt, wenn es über die Reduktionsmittel-Zufuhreinrichtung eingeleitet wird.

[0014] Die Nebenspeichereinrichtung kann zusammen mit einer Steuerungseinrichtung eine Restmengen-Erfassungseinrichtung zur Erfassung einer in der Nebenspeichereinrichtung verbliebenen Menge fluidisierten Reduktionsmittels bilden. In diesem Fall wird die Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung aktiviert, um das feste Reduktionsmittel zur erneuten Befüllung der Nebenspeichereinrichtung mit dem fluidisierten Reduktionsmittel zu fluidisieren, wenn die von der Restmengen-Erfassungseinrichtung erfasste Restmenge des fluidisierten Reduktionsmittels auf eine vorbestimmte Untergrenze gefallen ist.

[0015] Bei der obigen Ausgestaltung wird die Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung aktiviert, um das feste Reduktionsmittel zur erneuten Befüllung der Nebenspeichereinrichtung zu fluidisieren, wenn die Restmenge des fluidisierten Reduktionsmittels in der Nebenspeichereinrichtung auf eine vorbestimmte Untergrenze gefallen ist, so dass das fluidisierte Reduktionsmittel ohne Fluidisierung einer unnötig großen Menge des festen Reduktionsmittels stets in der Nebenspeichereinrichtung gespeichert ist. Das Volumen des Reduktionsmittels nimmt im Allgemeinen zu, wenn das feste Reduktionsmittel gasifiziert oder verflüssigt wird. Die Fluidisierung einer unnötig großen Menge festen Reduktionsmittels würde daher in der Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung eine größere Speicherkapazität der Nebenspeichereinrichtung erforderlich machen und folglich zu einer größeren Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung führen. Durch die obige Ausgestaltung, bei der das feste Reduktionsmittel abhängig von der erfassten Restmenge des fluidisierten Reduktionsmittels nur um die erforderliche Menge fluidisiert wird, kann demnach die Größe der Vorrichtung minimiert werden.

[0016] Die Nebenspeichereinrichtung kann eine Nebenspeicherkammer zur vorläufigen Speicherung des fluidisierten Reduktionsmittels aufweisen und eine Druckerfassungseinrichtung zur Erfassung eines Drucks innerhalb der Nebenspeicherkammer enthalten. In diesem Fall enthält die Restmengen-Erfassungseinrichtung eine Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung dessen, dass die Restmenge des fluidisierten Reduktionsmittels verhältnismäßig groß ist, wenn der von der Druckerfassungseinrichtung erfasste Druck verhältnismäßig hoch ist, und dass die Restmenge verhältnismäßig klein ist, wenn der erfasste Druck verhältnismäßig gering ist. Das heißt also, dass die Restmengen-Erfassungseinrichtung die Restmenge des fluidisierten Reduktionsmittels in der Nebenspeicherkammer auf der Grundlage einer Druckänderung innerhalb der Nebenspeicherkammer erfasst.

[0017] Wenn die Nebenspeichereinrichtung wie oben beschrieben die Nebenspeicherkammer und die Druckerfassungseinrichtung enthält, kann die Reduktionsmittel-Zufuhreinrichtung ein Reduktionsmittel-Zufuhrventil, das mit dem angesprochenen Abschnitt des Abgassystems stromaufwärts von dem NO<sub>x</sub>-Katalysator verbunden ist und geöffnet wird, um das fluidisierte Reduktionsmittel aus der Nebenspeicherkammer in den Abschnitt des Abgassystems stromaufwärts von dem NO<sub>x</sub>-Katalysator einzuleiten, sowie eine Zufuhrventil-Steuerungseinrichtung enthalten, die auf der Grundlage des von der angesprochenen Druckerfassungseinrichtung erfassten Drucks so betätigt werden kann, dass sie die Zeitdauer steuert, während der das Reduktionsmittel-Zufuhrventil offen gehalten wird. Bei dieser Ausgestaltung wird der auf das Reduktionsmittel-Zufuhrventil wirkende Zufuhrdruck des Reduktionsmittels auf der

Grundlage des von der Druckerfassungseinrichtung erfassten Drucks innerhalb der Nebenspeicherkammer überwacht und die Zufuhrmenge des Reduktionsmittels von dem Reduktionsmittel-Zufuhrventil zu dem NO<sub>x</sub>-Katalysator pro Zeiteinheit so gesteuert, dass sie auf einen gewünschten Wert gehalten wird. Das Reduktionsmittel lässt sich dem NO<sub>x</sub>-Katalysator daher unabhängig von einer Druckänderung innerhalb der Nebenspeicherkammer mit der gewünschten Geschwindigkeit zuführen.

[0018] Die Zufuhrventil-Steuerungseinrichtung kann so ausgelegt sein, dass sie das Reduktionsmittel-Zufuhrventil so steuert, dass die Zeitdauer, während der das Reduktionsmittel-Zufuhrventil offen gehalten wird, verhältnismäßig kurz ist, wenn der Druck in der Nebenspeicherkammer verhältnismäßig hoch ist, und verhältnismäßig lang ist, wenn der Druck verhältnismäßig gering ist.

[0019] Und zwar führt ein verhältnismäßig hoher Druck innerhalb der Nebenspeicherkammer zu einer verhältnismäßig hohen Zufuhrgeschwindigkeit des Reduktionsmittels, so dass die Öffnungszeitdauer des Reduktionsmittel-Zufuhrventils verhältnismäßig kurz eingestellt wird, wenn der Druck verhältnismäßig hoch ist. Im Gegensatz dazu führt ein verhältnismäßig geringer Druck zu einer verhältnismäßig geringen Zufuhrgeschwindigkeit des Reduktionsmittels, so dass die Öffnungszeitdauer verhältnismäßig lang eingestellt wird. Auf diese Weise kann die Zufuhrgeschwindigkeit des Reduktionsmittels von dem Reduktionsmittel-Zufuhrventil bei dem gewünschten Wert gehalten werden.

[0020] Der angesprochene NO<sub>x</sub>-Katalysator ist vorzugsweise ein selektiv reduzierender NO<sub>x</sub>-Katalysator, der bei Anwesenheit des Reduktionsmittels Stickoxide zersetzen oder reduzieren kann. Das feste Reduktionsmittel ist, vorzugsweise ein aus Ammoniak abgeleitetes festes Reduktionsmittel, das ein Reduktionsgas bilden kann, wenn es durch die Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung gasifiziert wird.

[0021] Die Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung beschrieben, wie es bei einem Dieselmotor für ein Kraftfahrzeug zum Einsatz kommen kann. Dabei zeigen:

[0022] Fig. 1 schematisch den Aufbau eines Dieselmotors, der eine Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung einsetzt; und

[0023] Fig. 2 schematisch den Aufbau der Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung.

#### Aufbau Verbrennungsmotor

[0024] Bevor die erfindungsgemäße Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung beschrieben wird, wird unter Bezugnahme auf Fig. 1 der Dieselmotor beschrieben, der mit dieser Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung ausgestattet ist.

[0025] Der (im Folgenden als "Motor 1" bezeichnete) Dieselmotor 1 weist eine Verbrennungskammer 2 auf, die von einem Kolben 3, einem Zylinder 4 und einem Zylinderkopf 5 definiert wird, und enthält ein Kraftstoffeinspritzventil 6, das so betätigt werden kann, dass es Kraftstoff in die Verbrennungskammer 2 einspritzt. Mit der Verbrennungskammer 2 ist ein Ansaugrohr 8 verbunden, das mit einem Luftmengenmesser 7 zur Messung der Ansaugluftmenge versehen ist. In der Verbrennungskammer 2 werden die durch das Ansaugrohr 8 eingeleitete Luft und der von dem Kraftstoffeinspritzventil 6 eingespritzte Kraftstoff miteinander gemischt, so dass sich ein Luft-Kraftstoff-Gemisch bildet, das ohne Funken entzündbar ist.

[0026] Die Abgasemission, die sich infolge der Verbren-

nung des Luft-Kraftstoff-Gemischs in der Verbrennungskammer 2 ergibt, wird über ein Auspuffrohr 10 in die Atmosphäre ausgestoßen, das mit einem selektiv reduzierenden  $\text{NO}_x$ -Katalysator 9 und einem (nicht gezeigten) Schalldämpfer versehen ist. Der selektiv reduzierende  $\text{NO}_x$ -Katalysator 9 wird im Folgenden einfach als "NO<sub>x</sub>-Katalysator 9" bezeichnet.

[0027] Der in dem Auspuffrohr 10 gelegene NO<sub>x</sub>-Katalysator 9 ist so ausgelegt, dass er insbesondere (im Folgenden als "NO<sub>x</sub>" bezeichnete) Stickoxide, die im Abgas enthalten sind, verringert oder entfernt, indem er bei Anwesenheit eines Reduktionsmittels das NO<sub>x</sub> reduziert oder zersetzt.

[0028] Der NO<sub>x</sub>-Katalysator 9 kann zum Beispiel aus folgenden Katalysatoren ausgewählt werden: einem Katalysator, der aus einem aus Zeolith gebildeten Substrat und einem von dem Substrat getragenen Übergangsmetall wie Cu besteht, das einem Ionenaustausch unterzogen wurde; einem Katalysator, der aus einem aus Zeolith oder Aluminiumoxid gebildeten Substrat und einem von dem Zeolith- oder Aluminiumoxidsubstrat getragenen Edelmetall besteht; und einem Katalysator, der aus einem aus Titanoxid gebildeten Substrat und von dem Titanoxidsubstrat getragenen Vanadium besteht.

[0029] Das Auspuffrohr 10 ist mit einem NO<sub>x</sub>-Konzentrationsensor 11, einem Drucksensor für ankommendes Gas 12 und einem Abgastempersensor 13 versehen, die sich stromaufwärts vom NO<sub>x</sub>-Katalysator 9 befindet. Das Auspuffrohr 10 ist außerdem mit einem Reduktionsmittel-Konzentrationsensor 14 versehen, der sich stromabwärts vom NO<sub>x</sub>-Katalysator 9 befindet. Der NO<sub>x</sub>-Sensor 11 ist so ausgelegt, dass er die NO<sub>x</sub>-Konzentration in dem Abgas misst, und der Drucksensor für das ankommende Gas 12 so, dass er den (Abgas-)Druck innerhalb des Auspuffrohrs 10 misst. Der Abgastempersensor 13 ist so ausgelegt, dass er die Temperatur des in den NO<sub>x</sub>-Katalysator 9 strömenden Abgases misst, und der Reduktionsmittel-Konzentrationsensor 14 so, dass er die Konzentration des in dem Abgas enthaltenen Reduktionsmittels misst. Die Sensoren 11 bis 14 sind mit dem Eingangsanschluss einer elektronischen Steuerungseinheit 15 verbunden, die wie nachstehend beschrieben zur Steuerung des Motors 1 vorgesehen ist.

[0030] Der Motor 1 wird von der (im Folgenden als "ECU 15" bezeichneten) elektronischen Steuerungseinheit 15 entsprechend einem Fahrzustand des Fahrzeugs gesteuert. Die ECU 15 enthält einen Festpeicher (ROM), einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM), eine Zentraleinheit (CPU), den angesprochenen Eingangsanschluss, einen Ausgangsanschluss und A/D-Wandler, die miteinander über einen bidirektionalen Bus verbunden sind. Die ECU 15 führt auf der Grundlage von Ausgangssignalen verschiedener Sensoren (einschließlich der oben beschriebenen Sensoren), die über den Eingangsanschluss empfangen werden, und entsprechend verschiedenen Steuerungsdatentabellen, die in dem Festpeicher gespeichert sind, verschiedene Motorsteuerungen wie etwa die Kraftstoffeinspritzsteuerung des Kraftstoffeinspritzventils 5 durch. Die von der ECU 15 durchgeführten Motorsteuerungen schließen auch eine Steuerung der noch zu beschreibenden Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung 16 ein.

[0031] Die Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung 16 gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist dazu vorgesehen, den NO<sub>x</sub>-Katalysator 9 in Form von Ammoniakgas ( $\text{NH}_3$ ) mit dem Reduktionsmittel zu versorgen, um in dem Abgas, das durch den Betrieb des Motors 1 ausgestoßen wird, NO<sub>x</sub> zu verringern oder zu entfernen.

[0032] Die Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung 16 wird nun ausführlicher unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben.

#### Aufbau Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung

[0033] Unter Bezugnahme auf Fig. 2 wird zunächst der Aufbau der Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung erörtert.

[0034] Die Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung umfasst: einen Hauptspeicherbehälter 20 (Hauptspeichereinrichtung) zur Speicherung eines festen Reduktionsmittels; einen Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 (Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung), der so ausgelegt ist, dass er das feste Reduktionsmittel aus dem Hauptspeicherbehälter 20 aufnimmt und das feste Reduktionsmittel erhitzt, um ein Reduktionsgas zu erzeugen; einen Nebenspeicherbehälter 40 (Nebenspeichereinrichtung) zur vorübergehenden Speicherung des von dem Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 erzeugten Reduktionsgases; und ein Reduktionsmittel-Zufuhrventil 50 (Reduktionsmittel-Zufuhreinrichtung), das so ausgeführt ist, dass es dem NO<sub>x</sub>-Katalysator 9 im Ansprechen auf einen von der ECU 15 empfangenen Reduktionsmittelzufuhrbefehl das Reduktionsgas aus dem Nebenspeicherbehälter 40 zuführt.

[0035] Der Hauptspeicherbehälter 20 umfasst einen Behälterkörper 21 zur Aufnahme des Reduktionsmittels in Form festen Ammoniumcarbamats und ein den Behälterkörper 21 umgebendes adiabatisches Element 22. Der Hauptspeicherbehälter 20 ist abnehmbar mit dem Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 verbunden.

[0036] Ammoniumcarbamat, das ein Beispiel für ein Reduktionsmittel auf Ammoniakbasis ist, bleibt bei Raumtemperatur im festen Zustand und wird bei einer Temperatur von etwa 40°C gasifiziert. Ammoniumcarbamat zeigt eine deutlich größere Reduktionswirkung als herkömmliche Reduktionsmittel wie Kohlenwasserstoff (HC) und Kohlenmonoxid (CO) und ist demnach wegen seiner vergleichsweise hohen Geschwindigkeit der NO<sub>x</sub>-Entfernung bei vergleichsweise niedriger Temperatur vorteilhaft.

[0037] Der Hauptspeicherbehälter 20 ist abnehmbar mit dem Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 verbunden, um den Hauptspeicherbehälter 20 gegen einen neuen austauschen zu können, wenn die gesamte Menge des in dem gerade verwendeten Hauptspeicherbehälter 20 untergebrachten Ammoniumcarbamats verbraucht worden ist. Das heißt, dass der gerade verwendete Hauptspeicherbehälter 20, wenn er leer wird, gegen einen neuen, mit Ammoniumcarbamat gefüllten Behälter getauscht wird. Der Hauptspeicherbehälter 20 entspricht daher einer Kassetten- oder Kartuschenbauart.

[0038] Der Reduktionsmittelerzeugungsabschnitt 30 weist eine Heizkammer 31 auf, die so ausgeführt ist, dass sie das aus dem Hauptspeicherbehälter 20 aufgenommene Reduktionsmittel gasifiziert, und umfasst eine Außenwand, die eine die Heizkammer 31 definierende Innenwand umgibt. Die Innenwand der Heizkammer 31 und Außenwand 32 bilden gemeinsam einen Zwischenraum 33, der mit einem (nicht gezeigten) Wassermantel in Verbindung stehen, durch den Motorkühlmittel zirkuliert, so dass die Temperatur innerhalb der Heizkammer 31 durch das Motorkühlmittel erhöht wird, das durch die Wärme erhitzt wird, die der Motor 1 im Betrieb erzeugt.

[0039] Zwischen dem Wassermantel und dem Zwischenraum 33 des Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitts 30 befindet sich ein Kühlmittel-Steuerungsventil 34 (Fig. 1), um den Durchfluss des Motorkühlmittels durch den Zwischenraum 33 zu steuern. Die Öffnungs- und Schließvorgänge des Kühlmittel-Steuerungsventils 34 werden von der ECU 15 gesteuert, um die Durchflussgeschwindigkeit des Motorkühlmittels durch den Zwischenraum 33 der Heizkammer 31 zu steuern und um dadurch die Temperatur innerhalb der Heizkammer 31 nach Bedarf anzupassen.

[0040] Das von dem Motor 1 erhitzte Motorkühlmittel zirkuliert bei geöffnetem Kühlmittel-Steuerungsventils 34 durch den Zwischenraum 33 des Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitts 30, so dass die Temperatur innerhalb der Heizkammer 31 ansteigt und eine Charge Ammoniumcarbamat gasifiziert wird, die aus dem Hauptspeicherbehälter 20 in die Heizkammer 31 eingespeist worden ist. Das von dem Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 gasifizierte Ammoniumcarbamat wird gegebenenfalls im Folgenden einfach als "Reduktionsgas" bezeichnet.

[0041] Der Nebenspeicherbehälter 40 umfasst einen Behälterkörper 41 zur Aufnahme des Reduktionsmittels in Form des gasifizierten Ammoniumcarbamat bzw. des Reduktionsgases, ein den Behälterkörper 41 umgebendes adiabatisches Element 42 und einen Drucksensor 43 (Druckerfassungseinrichtung) zur Erfassung des Drucks innerhalb des Behälterkörpers 41. Der Behälterkörper 41 steht mit dem oben beschriebenen Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 über einen Verbindungskanal 60 in Verbindung. Bei diesem Aufbau strömt das von dem Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 gasifizierte Ammoniumcarbammat in den Nebenspeicherbehälter 40 und wird darin vorübergehend gespeichert.

[0042] Das Reduktionsmittel-Zufuhrventil 50 ist mit einem Abschnitt des Auspuffrohrs 10 verbunden, der sich stromaufwärts vom NO<sub>x</sub>-Katalysator 9 befindet. Im Ansprechen auf den von der ECU 15 erzeugten Reduktionsmittel-zufuhrbefehl wird das Reduktionsmittel-Zufuhrventil 50 betätigt bzw. geöffnet, so dass das Reduktionsgas aus dem Nebenspeicherbehälter 40 in den oben angesprochenen Abschnitt des Auspuffrohrs 10 stromaufwärts vom NO<sub>x</sub>-Katalysator 9 eingeleitet wird.

[0043] Das Reduktionsmittel-Zufuhrventil 50 weist einen Düsenabschnitt 53 mit einem Ventilelement 51 und einer das Ventilelement stützenden Führung 52, einen Solenoid 54 zum Öffnen und Schließen des Ventilelements 51 des Düsenabschnitts 53, und einen mit dem Nebenspeicherbehälter 40 verbundenen Einlass 55 zum Herunterleiten des Reduktionsgases aus dem Nebenspeicherbehälter 40 zum Düsenabschnitt 53 auf. Der Solenoid 54 enthält eine Solenoidspule, die zum Öffnen und Schließen des Ventilelements 51 entweder mit Strom versorgt wird oder nicht, um das Reduktionsgas mit der gewünschten Durchgangsgeschwindigkeit und zu einem geeigneten Zeitpunkt in das Auspuffrohr 10 einzuleiten.

[0044] Die ECU 15 steuert die relative Einschaltdauer der Solenoidspule des Solenoids 54. Wenn die Solenoidspule mit Strom versorgt wird, befindet sich das Ventilelement 51 im geöffneten Zustand, was dem Reduktionsgas erlaubt, aus dem Nebenspeicherbehälter 40 in das Auspuffrohr 10 eingeleitet zu werden. Es wird darauf hingewiesen, dass der Druck des Reduktionsgases innerhalb des Nebenspeicherbehälters 40 höher als der Druck des Abgases innerhalb des Auspuffrohrs 10 gehalten wird, so dass Reduktionsgas aus dem Nebenspeicherbehälter 40 unter der vorhandenen Druckdifferenz zwischen dem Behälter 40 und dem Auspuffrohr 10 in das Auspuffrohr 10 eingespeist wird. Die Art und Weise, wie der Druck innerhalb des Nebenspeicherbehälters 40 eingestellt wird, wird ausführlich im Folgenden beschrieben.

#### Steuerung Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung

[0045] Es wird nun die Art und Weise beschrieben, wie die Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung 16 gesteuert wird, um die Zufuhr des Reduktionsmittels zu steuern.

[0046] Wenn sich die Temperatur des Motorkühlmittels infolge des Betriebs des Motors 1 (Verbrennung des Kraft-

stoffs innerhalb des Motors 1) auf etwa 40°C erhöht hat, öffnet die ECU 15 das Kühlmittel-Steuerungsventil 34, um dem heißen Motorkühlmittel zu erlauben, durch den Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 zu zirkulieren, damit die Temperatur innerhalb der Heizkammer 31 steigt und das aus dem Hauptspeicherbehälter 20 aufgenommene Reduktionsmittel gasifiziert wird.

[0047] Wenn die Temperatur innerhalb der Heizkammer 31 durch das heiße Motorkühlmittel auf etwa 40°C erhöht worden ist, wird das Ammoniumcarbammat innerhalb der Heizkammer 31 des Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitts 30 zumindest teilweise gasifiziert, so dass sich der Nebenspeicherbehälter 40 über den Verbindungskanal 60 mit dem auf diese Weise erzeugten Reduktionsgas füllt.

[0048] Die ECU 15 überwacht auf der Grundlage des Ausgangssignals des Drucksensors 43 den Druck des Reduktionsgases in dem Nebenspeicherbehälter 40 und bestimmt, dass der Nebenspeicherbehälter 40 vollständig mit dem Reduktionsgas gefüllt ist, wenn der von dem Drucksensor 43 erfasste Druck des Reduktionsgases in dem Nebenspeicherbehälter 40 einen vorbestimmten Schwellenwert erreicht. Wenn die ECU 15 bestimmt, dass der Nebenspeicherbehälter 40 vollständig gefüllt ist, schließt die ECU 15 das Kühlmittel-Steuerungsventil 34, um die Gasifizierung des Ammoniumcarbamat in dem Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 zu unterbrechen.

[0049] Der vorbestimmte Schwellenwert für den Druck des Reduktionsgases wird durch Experimente bestimmt, beispielsweise auf der Grundlage des höchsten zulässigen Drucks des Nebenspeicherbehälters 40, des mittleren Drucks des Abgases in dem Auspuffrohr 10 und der erwarteten Verbrauchsmenge des Reduktionsgases pro Zeiteinheit. Wenn der von dem Drucksensor 43 erfasste Druck in dem Nebenspeicherbehälter 40 länger als eine vorbestimmte Zeitdauer unter einer vorbestimmten Untergrenze bleibt, bestimmt die ECU 15, dass das Ammoniumcarbammat in dem Hauptspeicherbehälter 20 im Großen und Ganzen verbraucht worden ist und schaltet ein Alarmlicht 19 auf einem Armaturenbrett 18 (Fig. 1) im Fahrgastraum des Fahrzeugs ein, um dem Fahrzeugführer über diese Tatsache zu informieren.

[0050] Um die Zufuhr des Reduktionsmittels zu steuern und dadurch effektiv NO<sub>x</sub> zu verringern oder zu entfernen, berechnet die ECU 15 die Wunschgeschwindigkeit für die Zufuhr des Reduktionsmittels (Reduktionsgases) auf der Grundlage der auf den Motor 1 wirkenden Last, der Betriebsgeschwindigkeit des Motors 1, der NO<sub>x</sub>-Konzentration in dem Abgas, der Temperatur des NO<sub>x</sub>-Katalysators, des Drucks des Reduktionsgases und anderer geeigneter Parameter. Die ECU 15 steuert den Solenoid 54 des Reduktionsmittel-Zufuhrventils 50, so dass das Reduktionsmittel dem NO<sub>x</sub>-Katalysator 9 mit der berechneten Wunschgeschwindigkeit zugeführt wird. Genauer gesagt empfängt die ECU 15 über den Eingangsanschluss und die jeweiligen A/D-Wandler die Ausgangssignale des Luftmengenmessers 7 und des NO<sub>x</sub>-Sensors 11 für die Steuerung des Reduktionsmittel-Zufuhrventils 50. Auf der Grundlage der von dem Luftmengenmesser 7 erfassten Ansaugluftmenge und der von dem NO<sub>x</sub>-Sensor 11 erfassten NO<sub>x</sub>-Konzentration berechnet die ECU 15 die Geschwindigkeit, mit der der Motor 1 NO<sub>x</sub> erzeugt, und die Wunschgeschwindigkeit für die Zufuhr des Reduktionsmittels, die der berechneten Geschwindigkeit entspricht, mit der das NO<sub>x</sub> erzeugt wird. Die ECU 15 dient als eine Wunschzufuhrgeschwindigkeits-Berechnungseinrichtung, um die Wunschgeschwindigkeit für die Zufuhr des Reduktionsmittels zu dem NO<sub>x</sub>-Katalysator 9 zu berechnen.

[0051] Die ECU 15 empfängt außerdem das Ausgangssi-

gnal des zum Nebenspeicherbehälter 40 gehörigen Drucksensors 43 und das Ausgangssignal des zum Auspuffrohr 10 gehörigen Drucksensors für ankommendes Gas 12. Der Drucksensor 43 erzeugt eine Ausgangsspannung, die proportional zu dem Druck innerhalb des Nebenspeicherbehälters 40 ist, während der Drucksensor für ankommendes Gas 12 eine Ausgangsspannung erzeugt, die proportional zu dem Abgasdruck innerhalb des Auspuffrohrs 10 ist. Auf der Grundlage der Ausgangssignale dieser Drucksensoren 43, 12 berechnet die ECU 15 die Druckdifferenz zwischen dem Nebenspeicherbehälter 40 und dem Auspuffrohr 10 sowie den Zufuhrdruck, mit dem das Reduktionsgas in das Auspuffrohr 10 eingeleitet wird.

[0052] Das ECU 15 berechnet die relative Einschaltdauer des Ventilelements 51, was dem Reduktionsgas erlaubt, mit der Wunschgeschwindigkeit eingeleitet zu werden, während gleichzeitig der berechnete Zufuhrdruck Berücksichtigung findet. Die ECU 15 steuert auf der Grundlage der relativen Einschaltdauer des Ventilelements 51 die relative Einschaltdauer der Solenoidspule des Solenoids 54 des Reduktionsgaszufuhrventils 50. Die ECU 15 dient also als eine Zufuhrventil-Steuerungseinrichtung, die das Reduktionsgaszufuhrventil 50 so steuert, dass das Reduktionsgas mit der von der Wunschzufuhrgeschwindigkeits-Berechnungseinrichtung berechneten Wunschgeschwindigkeit zugeführt wird. Unter der relativen Einschaltdauer des Ventilelements 51 ist die Anzahl der Öffnungsvorgänge des Ventilelements 51 pro Zeiteinheit zu verstehen. Die Zufuhrgeschwindigkeit (Zufuhrmenge pro Zeiteinheit) des Reduktionsmittels in die Auspuffleitung 10 nimmt daher mit zunehmender relativer Einschaltdauer, d. h. mit zunehmender Anzahl der Öffnungsvorgänge des Ventilelements 51 pro Zeiteinheit, zu.

[0053] Wenn der Zufuhrdruck des Reduktionsgases verhältnismäßig hoch ist, so dass die Zufuhr- oder Einstromgeschwindigkeit des Reduktionsgases in das Auspuffrohr 10 entsprechend groß ist, wird die relative Einschaltdauer des Reduktionsgaszufuhrventils 50 so gesteuert, dass sie verhältnismäßig kurz ist. Wenn der Zufuhrdruck verhältnismäßig gering ist, so dass die Zufuhrgeschwindigkeit entsprechend niedrig ist, wird die relative Einschaltdauer so gesteuert, dass sie verhältnismäßig lang ist.

[0054] Die ECU 15 empfängt außerdem das Ausgangssignal des Abgastempersensors 13, der eine Ausgangsspannung erzeugt, die proportional zu der Temperatur des Abgases ist. Die ECU 15 verwendet die Temperatur des Abgases als die Temperatur des  $\text{NO}_x$ -Katalysators 9. Wenn die ECU 15 bestimmt, dass die von dem Abgastempersensor 13 erfasste Temperatur des  $\text{NO}_x$ -Katalysators 9 einen vorbestimmten Schwellenwert überschritten hat, oberhalb dem der  $\text{NO}_x$ -Katalysator 9 aktiv ist, beginnt die ECU 15 mit der Einschaltdauersteuerung des Reduktionsmittel-Zufuhrventils 50, damit der  $\text{NO}_x$ -Katalysator 9 mit der berechneten Wunschgeschwindigkeit mit dem Reduktionsgas versorgt wird.

[0055] Die ECU 15 empfängt außerdem das Ausgangssignal des Reduktionsmittel-Konzentrationsensors 14 und bestimmt auf der Grundlage des Ausgangssignals dieses Konzentrationsensors 14, ob beispielsweise aufgrund eines Defekts des Reduktionsmittel-Zufuhrventils 50 ungewollt eine überschüssig große Menge Reduktionsmittel zugeführt wird. Wenn diese Tatsache erkannt wird, beendet die ECU 15 sofort die Zufuhr des Reduktionsmittels durch das Ventil 50.

[0056] Das in dem Nebenspeicherbehälter 40 gespeicherte Reduktionsgas wird mit der Zufuhr des Reduktionsgases durch das Reduktionsgaszufuhrventil 50 allmählich verbraucht. Das heißt, dass die Menge oder das Volumen des in dem Nebenspeicherbehälter 40 verbliebenen Reduktionsga-

ses mit der Zeit abnimmt. Damit verhindert wird, dass das Reduktionsgas in dem Nebenspeicherbehälter 40 ausgeht, überwacht die ECU 15 die Restmenge des Reduktionsgases in dem Behälter 40, um den Behälter 40 erneut mit Reduktionsgas zu befüllen, wenn die Restmenge auf eine vorbestimmte Untergrenze gefallen ist.

[0057] Die ECU 15 stützt sich auf das Ausgangssignal des oben beschriebenen Drucksensors 43, um die Restmenge des Reduktionsgases in dem Nebenspeicherbehälter 40 zu überwachen. Und zwar sinkt der Druck innerhalb des Nebenspeicherbehälters 40, wenn das Reduktionsgas in dem Behälter 40 verbraucht wird. Das Restvolumen oder die Restmenge des Reduktionsgases in dem Nebenspeicherbehälter 40 lässt sich daher anhand des Ausgangssignals des Drucksensors 43 abschätzen. Die ECU 15 bildet also mit dem Drucksensor 43 zusammen eine Restmengen-Erfassungseinrichtung zur Erfassung der Restmenge des Reduktionsgases in dem Nebenspeicherbehälter 40.

[0058] Wenn der von dem Drucksensor 43 erfasste Druck innerhalb des Nebenspeicherbehälters 40 (Befüllungsdruck des Reduktionsgases) auf die vorbestimmte Untergrenze gefallen ist, öffnet die ECU 15 das Kühlmittel-Steuerungsventil 34, um eine weitere Charge des Ammoniumcarbamats innerhalb der Heizkammer 31 zu erhitzen und dadurch das aus dem Hauptspeicherbehälter 20 aufgenommene Ammoniumcaramat zu gasifizieren. Dadurch strömt neu gasifiziertes Ammoniumcaramat in den Nebenspeicherbehälter 40, so dass der Nebenspeicherbehälter 40 erneut mit dem Reduktionsgas befüllt wird.

[0059] Die oben angesprochene vorbestimmte Untergrenze wird geeignet festgelegt, und zwar vorzugsweise so, dass sie ausreichend höher als der Druck des Abgases ist. Ein höherer Befüllungsdruck des Reduktionsgases erlaubt nämlich eine bessere Verteilung des Reduktionsgases innerhalb des Auspuffrohrs 10 und eine geringere Änderung der Zufuhrgeschwindigkeit des Reduktionsgases bei schwankendem Abgasdruck.

[0060] Wenn der Druck innerhalb des Nebenspeicherbehälters 40 auf den vorbestimmten Schwellenwert bzw. die Obergrenze gestiegen ist, schließt die ECU 15 das Kühlmittel-Steuerungsventil 34, um die Gasifizierung des Ammoniumcarbamats zu beenden.

[0061] Wie vorstehend beschrieben ist, ist die erfindungsgemäße Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung 16 so ausgelegt, dass sie das im festen Zustand vorliegende Reduktionsmittel gasifiziert und das gasifizierte Reduktionsmittel in dem Nebenspeicherbehälter 40 speichert, so dass sich das Reduktionsmittel mit einem guten Ansprechverhalten gegenüber dem von der ECU 15 erzeugten Reduktionsmittel-zufuhrbefehl leicht mit Hilfe des Reduktionsmittel-Zufuhrventils 50 zuführen lässt.

[0062] Das obige Ausführungsbeispiel dient zwar der Veranschaulichung, die Erfindung kann aber auch mit verschiedenen Änderungen ausgeführt werden. So kann der Festspeicher der ECU 15 beispielsweise eine geeignet erstellte Datentabelle speichern, die zur Berechnung der Geschwindigkeit verwendet werden kann, mit der der Motor 1  $\text{NO}_x$  erzeugt.

[0063] Die angesprochene Datentabelle gibt den Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit, mit der das  $\text{NO}_x$  erzeugt wird, und dem Betriebszustand des Motors 1 wieder, wie er durch seine Last und Geschwindigkeit wiedergegeben wird. Die ECU 15 berechnet die Geschwindigkeit, mit der das  $\text{NO}_x$  erzeugt wird, auf der Grundlage der Ausgangssignale eines (nicht gezeigten) Gaspedalsensors und Kurbelwinkelsensors und entsprechend der Datentabelle.

[0064] Der Gaspedalsensor erzeugt eine Ausgangsspannung, die proportional zu dem Ausmaß der Betätigung eines

(nicht gezeigten) Gaspedals des Fahrzeugs ist und als Motorlast verwendet werden kann. Der Kurbelwinkelsensor erzeugt dagegen jedes Mal, wenn sich eine (nicht gezeigte) Kurbelwelle des Motors um einen vorbestimmten Winkel gedreht hat, einen Impuls. Die Anzahl der von dem Kurbelwinkelsensor erzeugten Impulse kann als Betriebsgeschwindigkeit des Motors 1 verwendet werden.

[0065] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel wird der auf das Reduktionsmittel-Zufuhrventil 50 wirkende Zufuhrdruck des Reduktionsmittels auf der Grundlage der Ausgangssignale des Drucksensors für ankommendes Gas 12 und des Drucksensors 43 berechnet. Der Druck innerhalb des Auspuffrohrs 10 kann jedoch auch auf der Grundlage der erfassten Last und Geschwindigkeit des Motors 1 und entsprechend einer Datentabelle berechnet werden, die einen bekannten Zusammenhang zwischen dem Abgasdruck und dem Betriebszustand des Motors 1 darstellt, wie er durch seine Last und Geschwindigkeit wiedergegeben wird. Der Zufuhrdruck des Reduktionsgases kann demnach auf der Grundlage des Drucksensors 43 und des anhand der Datentabelle abgeschätzten Abgasdrucks berechnet werden.

[0066] Das dargestellte Ausführungsbeispiel ist zwar so ausgelegt, dass die Einschaltdauersteuerung des Reduktionsmittel-Zufuhrventils 50 unter Berücksichtigung der Ausgangssignale des Drucksensors für ankommendes Gas 12 und des Drucksensors 43 erfolgt, doch kann die Einschaltdauersteuerung des Reduktionsmittel-Zufuhrventils 50 auch unter Berücksichtigung lediglich des Drucks innerhalb des Nebenspeicherbehälters 40 erfolgen, wobei der Befüllungsdruck des Reduktionsgases in dem Nebenspeicherbehälter 40 ausreichend höher als der Druck innerhalb des Auspuffrohrs eingestellt wird. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass das Ausmaß der Schwankungen der Zufuhrgeschwindigkeit des Reduktionsmittels aufgrund des Abgasdrucks recht gering sind, wenn der Druck des Reduktionsgases in dem Nebenspeicherbehälter 40 ausreichend höher als der Abgasdruck ist.

[0067] Obwohl das dargestellte Ausführungsbeispiel so ausgelegt ist, dass das Reduktionsmittel in dem Nebenspeicherbehälter 40 gasifiziert (d. h. als gasifiziertes Reduktionsmittel, wie es von dem Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 erzeugt wird) gespeichert wird, kann das erzeugte Reduktionsgas aber auch auf ein kleineres Volumen komprimiert und gekühlt werden, um das komprimierte und gekühlte Reduktionsgas in dem Behälter 40 zu speichern. Die Komprimierung des Reduktionsgases erlaubt es, die erforderliche Größe des Nebenspeicherbehälters 40 zu verringern. Der Nebenspeicherbehälter 40 kann beispielsweise so aufgebaut sein, dass sich sein Volumen mechanisch verringern lässt, um das Reduktionsgas zu komprimieren, und dass er an seinem Rand mit Kühlrippen zum Kühlen des komprimierten Reduktionsgases versehen ist.

[0068] Gemäß einer weiteren Abwandlung ist in dem Nebenspeicherbehälter 40 eine Ammoniakokkludierungslegierung untergebracht, die Ammoniak okkludieren kann, so dass die Legierung das in dem Nebenspeicherbehälter 40 aufgenommene Reduktionsgas okkludiert. Bei Anwesenheit dieser Ammoniakokkludierungslegierung, die Ammoniak okkludieren kann, lässt sich das Reduktionsgas innerhalb des Nebenspeicherbehälters 40 mit einer höheren Reduktionsmitteldichte speichern.

[0069] Das dargestellte Ausführungsbeispiel ist zwar so ausgelegt, dass es das im festen Zustand vorliegende Reduktionsmittel gasifiziert und das Reduktionsmittel im Nebenspeicherbehälter 40 im gasförmigen Zustand speichert, doch kann das Reduktionsmittel auch in dem Nebenspeicherbehälter 40 im flüssigen Zustand gespeichert werden. In diesem Fall wird der Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30

durch einen Reduktionsmittel-Verflüssigungsabschnitt ersetzt, dessen Heizkammer auf eine Temperatur erhitzt wird, bei der das feste Reduktionsmittel flüssig wird, aber nicht gasifiziert wird. Das Reduktionsmittel kann in dem Nebenspeicherbehälter 40 im Wesentlichen in jedem Zustand oder jeder Phase gespeichert werden, die es dem Reduktionsmittel erlaubt, durch das Reduktionsmittel-Zufuhrventil 50 leicht in das Auspuffrohr 10 eingeleitet zu werden.

[0070] Obwohl bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel als festes Reduktionsmittel Ammoniumcarbamat verwendet wird, können auch andere Substanzen wie etwa Harnstoff  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  als Reduktionsmittel verwendet werden. Wenn Harnstoff oder ein anderes Reduktionsmittel verwendet wird, das bei einer verhältnismäßig hohen Temperatur flüssig wird, kann der Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 ein elektrisches Heizelement zur Gasifizierung des Reduktionsmittels verwenden. Wahlweise kann der Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 auch die Wärme eines für den Motor 1 verwendeten Schmiermittels nutzen.

[0071] Es wird als nächstes auf die Vorteile eingegangen, die sich durch die wie oben beschrieben aufgebaute Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung ergeben, wenn sie mit einem Motor 1 verwendet wird. Die ECU steuert wie gesagt die relative Einschaltdauer des Reduktionsmittel-Zufuhrventils 50 entsprechend der Geschwindigkeit, mit der der Motor 1  $\text{NO}_x$  erzeugt, um dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator 9 das Reduktionsmittel mit der gewünschten Geschwindigkeit zuzuführen. Das feste Ammoniumcarbamat wird von dem Reduktionsgas-Erzeugungsabschnitt 30 zu dem Reduktionsgas gasifiziert, das in dem Nebenspeicherbehälter 40 gespeichert wird, so dass sich das Reduktionsgas mit einem guten Ansprechverhalten gegenüber dem Reduktionsmittelzufuhrbefehl leicht aus dem Nebenspeicherbehälter 40 zuführen lässt. Da das Reduktionsgas stets in dem Nebenspeicherbehälter 40 gespeichert ist, lässt sich das Reduktionsmittel auch dann mit hoher Stabilität zuführen, wenn die erforderliche Zufuhrgeschwindigkeit des Reduktionsmittels verhältnismäßig hoch ist.

[0072] Des Weiteren erfolgt die Einschaltdauersteuerung des Reduktionsmittel-Zufuhrventils 50 unter Berücksichtigung des Zufuhrdrucks des Reduktionsmittels. Außerdem wird das gasifizierte Reduktionsmittel vorübergehend in dem Nebenspeicherbehälter 40 gespeichert, bevor es durch das Reduktionsmittel-Zufuhrventil 50 zugeführt wird, so dass der Druck des dem Ventil 50 zuzuführenden Reduktionsgases konstant bleibt. Die relative Einschaltdauer des Reduktionsmittel-Zufuhrventils 50 lässt sich von der ECU 15 entsprechend einfach erzielen, so dass das Reduktionsmittel dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator 9 mit der gewünschten Geschwindigkeit zugeführt wird.

[0073] Es wird darauf hingewiesen, dass unter Ausnutzung der Druckänderung innerhalb des Nebenspeicherbehälters 40 die Restmenge des Reduktionsgases in dem Behälter 40 überwacht wird, so dass die ECU 15 die Gasifizierung des festen Reduktionsmittels abhängig von der Restmenge des Reduktionsgases steuern kann, um so zu verhindern, dass von dem festen Reduktionsmittel auf einmal eine unnötig große Menge gasifiziert wird. Die Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung 16 erlaubt daher eine stabile Zufuhr des Reduktionsmittels, ohne dass zum Speichern des Reduktionsmittels viel Platz erforderlich ist.

[0074] In dem mit der erfindungsgemäßen, wie oben beschrieben aufgebauten Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung versehenen Motor 1 kann der  $\text{NO}_x$ -Katalysator 9 mit der gewünschten Geschwindigkeit und zu dem gewünschten Zeitpunkt mit dem Reduktionsmittel versorgt werden, so dass sich die Effizienz deutlich verbessert, mit der  $\text{NO}_x$ -Katalysator 9  $\text{NO}_x$  entfernt. Abgesehen davon kann die Redukti-



onsmittelzufuhrvorrichtung 16, die zum Speichern des Reduktionsmittels nicht viel Platz benötigt, klein ausgeführt werden und lässt sich mit einem hohen Maß an Freiheit in dem Fahrzeug einbauen.

[0075] Der Motor 1, bei dem das dargestellte Ausführungsbeispiel Anwendung findet, verwendet zwar einen selektiv reduzierenden  $\text{NO}_x$ -Katalysator 9, doch kann die Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung 16 auch mit einem okkludierenden und reduzierenden  $\text{NO}_x$ -Katalysator verwendet werden, der in einer sauerstoffreichen Atmosphäre  $\text{NO}_x$  okkludieren und das okkludierte  $\text{NO}_x$  freigeben und reduzieren kann, wenn die Sauerstoffkonzentration der Atmosphäre sinkt.

[0076] Die vorgestellte Erfindung wurde zwar beispielhaft anhand eines Dieselmotors 1 beschrieben, sie kann jedoch natürlich auch auf gleiche vorteilhafte Weise bei einem Magerbenzinmotor oder anderen Magermotoren außer Dieselmotoren Anwendung finden.

[0077] Die Erfindung stellt wie gesagt eine Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung für einen Verbrennungsmotor zur Verfügung, mit der ein Reduktionsmittel mit einer gewünschten Geschwindigkeit und mit einem guten Ansprechverhalten gegenüber einem Reduktionsmittelzufuhrbefehl zugeführt werden kann.

#### Patentansprüche

1. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung zur Zufuhr eines Reduktionsmittels zu einem in einem Abgassystem eines Verbrennungsmotors (1) angeordneten  $\text{NO}_x$ -Katalysator (9), mit:  
einer Hauptspeichereinrichtung (20) zum Speichern eines festen Reduktionsmittels;  
einer Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung (30) zur derartigen Fluidisierung des in der Hauptspeichereinrichtung (20) gespeicherten festen Reduktionsmittels, dass das fluidisierte Reduktionsmittel aus der Fluidisierungseinrichtung (30) strömen kann;  
einer Nebenspeichereinrichtung (40) zur vorübergehenden Speicherung des von der Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung (30) fluidisierten Reduktionsmittels;  
einer Zufuhrgeschwindigkeits-Berechnungseinrichtung zur Berechnung einer Wunschgeschwindigkeit für die Zufuhr des Reduktionsmittels zum  $\text{NO}_x$ -Katalysator auf der Grundlage eines Betriebszustands des Verbrennungsmotors (1); und  
einer Reduktionsmittel-Zufuhreinrichtung (50) zur Einleitung des Reduktionsmittels mit der von der Zufuhrgeschwindigkeits-Berechnungseinrichtung berechneten Wunschgeschwindigkeit aus der Nebenspeichereinrichtung (40) in einen Abschnitt des Abgassystems, der stromaufwärts von dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator (9) in dem Verbrennungsmotor (1) gelegen ist.
2. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung (30) so ausgelegt ist, dass sie das feste Reduktionsmittel zu einem gasförmigen Reduktionsmittel gasifiziert.
3. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung (30) so ausgelegt ist, dass sie das feste Reduktionsmittel zu einem flüssigen Reduktionsmittel verflüssigt.
4. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei der die Nebenspeichereinrichtung (40) eine Restmengen-Erfassungseinrichtung zur Erfassung einer in der Nebenspeichereinrichtung (40) verbliebe-

nen Menge fluidisierten Reduktionsmittels umfasst und bei der die Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung (30) so betrieben werden kann, dass sie das feste Reduktionsmittel zur erneuten Befüllung der Nebenspeichereinrichtung (40) mit dem fluidisierten Reduktionsmittel fluidisiert, wenn die von der Restmengen-Erfassungseinrichtung erfasste Restmenge des fluidisierten Reduktionsmittels kleiner als ein vorbestimmter Wert wird.

5. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Nebenspeichereinrichtung (40) eine Nebenspeicherkammer zur vorläufigen Speicherung des fluidisierten Reduktionsmittels und eine Druckerfassungseinrichtung (43) zur Erfassung eines Drucks innerhalb der Nebenspeicherkammer umfasst und bei der die Restmengen-Erfassungseinrichtung bestimmt, dass die Restmenge des fluidisierten Reduktionsmittels größer als der vorbestimmte Wert ist, wenn der von der Druckerfassungseinrichtung (43) erfasste Druck größer als ein vorbestimmter Wert ist, und dass die Restmenge des fluidisierten Reduktionsmittels kleiner als der vorbestimmte Wert ist, wenn der erfasste Druck kleiner als der vorbestimmte Wert ist.

6. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach Anspruch 5, bei der ein Alarm betätigt wird, wenn die Zeitdauer, die der von der Druckerfassungseinrichtung (43) erfasste Druck braucht, um den vorbestimmten Wert zu erreichen, eine vorbestimmte Zeit überschreitet.

7. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Nebenspeichereinrichtung (40) eine Nebenspeicherkammer zur vorläufigen Speicherung des fluidisierten Reduktionsmittels und eine Druckerfassungseinrichtung (43) zur Erfassung eines Drucks innerhalb der Nebenspeicherkammer umfasst und bei der die Reduktionsmittel-Zufuhreinrichtung (50) ein Reduktionsmittel-Zufuhrventil, das mit dem Abschnitt des Abgassystems stromaufwärts von dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator (9) verbunden ist und geöffnet wird, um das fluidisierte Reduktionsmittel aus der Nebenspeicherkammer einzuleiten, und eine Zufuhrventil-Steuerungseinrichtung umfasst, um auf der Grundlage des von der Druckerfassungseinrichtung (43) erfassten Drucks die Zeitdauer zu steuern, während der das Reduktionsmittel-Zufuhrventil offen gehalten wird.

8. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach Anspruch 7, bei der die Zufuhrventil-Steuerungseinrichtung so betätigt werden kann, dass sie das Reduktionsmittel-Zufuhrventil derart steuert, dass die Zeitdauer, während der das Reduktionsmittel-Zufuhrventil offen gehalten wird, bei einer Abnahme des von der Druckerfassungseinrichtung (43) erfassten Drucks innerhalb der Nebenspeicherkammer zunimmt und die Zeitdauer bei einer Zunahme des von der Druckerfassungseinrichtung (43) erfassten Drucks innerhalb der Nebenspeicherkammer abnimmt.

9. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der der  $\text{NO}_x$ -Katalysator (9) einen selektiv reduzierenden  $\text{NO}_x$ -Katalysator umfasst, der bei Anwesenheit des Reduktionsmittels Stickoxide zersetzen und reduzieren kann.

10. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der das feste Reduktionsmittel ein Reduktionsgas auf Ammoniakbasis bildet, wenn das feste Reduktionsmittel von der Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung (30) gasifiziert wird.

11. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach Anspruch 10, bei dem das Reduktionsgas auf Ammoniak-

basis in einer Ammoniak adsorbierenden Metallegierung adsorbiert und gespeichert wird, die sich in der Nebenspeichereinrichtung (40) befindet.

12. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei der der  $\text{NO}_x$ -Katalysator (9) einen adsorbierenden und reduzierenden  $\text{NO}_x$ -Katalysator umfasst, der in einer sauerstoffreichen Atmosphäre  $\text{NO}_x$  adsorbieren und das adsorbierte  $\text{NO}_x$  bei geringerer Sauerstoffkonzentration freigeben und reduzieren kann.

13. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei der die Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung (30) die Wärme eines Kühlmittels für den Verbrennungsmotor (1) verwendet.

14. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei der die Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung (30) ein elektrisches Heizelement umfasst.

15. Reduktionsmittelzufuhrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei der die Reduktionsmittel-Fluidisierungseinrichtung (30) die Wärme eines Schmiermittels für den Verbrennungsmotor (1) verwendet.

16. Verfahren zur Zufuhr eines Reduktionsmittels zu einem in einem Abgassystem eines Verbrennungsmotors (1) angeordneten  $\text{NO}_x$ -Katalysator, um von dem Verbrennungsmotor erzeugte Stickoxide zu entfernen, mit den Schritten:

Speichern eines festen Reduktionsmittels in einer Hauptspeichereinrichtung (20);

Fluidisieren des Reduktionsmittels derart, dass das fluidisierte Reduktionsmittel in eine Nebenspeichereinrichtung (40) strömt;

vorläufig Speichern des fluidisierten Reduktionsmittels in der Nebenspeichereinrichtung (40);

Berechnen einer Wunschgeschwindigkeit für die Zufuhr des Reduktionsmittels zum  $\text{NO}_x$ -Katalysator (9) auf der Grundlage eines Betriebszustands des Verbrennungsmotors; und

Einleiten des Reduktionsmittels mit der Wunschgeschwindigkeit aus der Nebenspeichereinrichtung (40) in einen Abschnitt des Abgassystems, der stromaufwärts von dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator (9) in dem Verbrennungsmotor (1) gelegen ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

15

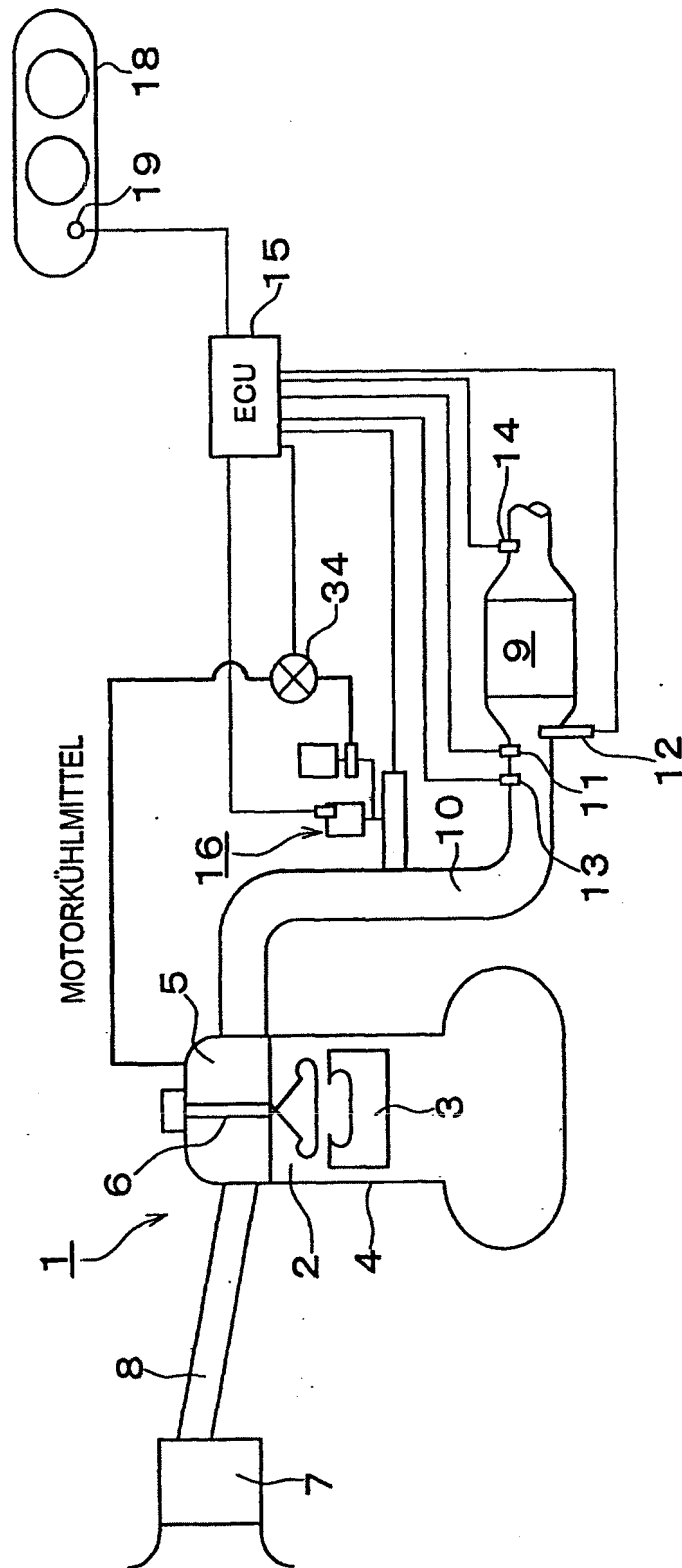


FIG. 2

